



**BADANIA WPŁYWU ZMIAN W ZESPOLE RUCHOMYM
I URZĄDZENIU POWROTNYM NA DZIAŁANIE KARABINKA AKM**
**TESTING INFLUENCE OF CHANGES IN MOVING UNIT AND RETURN
DEVICE ON OPERATION OF AKM RIFLE**

Jacek KIJEWSKI, jacek.kijewski@wat.edu.pl, ORCID: 0000-0002-5779-0854

Łukasz SZMIT, lukasz.szmit@wat.edu.pl, ORCID: 0000-0001-5243-2903

Damian SZUPIENKO, damian.szupienko@wat.edu.pl, ORCID: 0000-0003-0202-9213
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa 46
Military University of Technology, 2 Gen. Sylwestra Kaliskiego St., 00-908 Warsaw 46

DOI 10.5604/01.3001.0054.1489

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań zmodyfikowanych z zastosowaniem komercyjnych zestawów części karabinków AKM. Modyfikacje obejmowały między innymi zastosowanie tłoka gazowego z regulatorem gazowym oraz elastomerowego zderzaka na urządzeniu powrotnym. Testy obejmowały strzelania amunicją bojową i pozwoliły ocenić wpływ modyfikacji na działanie broni oraz jej wybrane charakterystyki.

Słowa kluczowe: mechanika, broń palna, balistyka, karabinek

1. Wstęp

Ruch części i zespołów automatycznej broni palnej w czasie strzału jest obiektem badań i analiz niemal od początku istnienia takiej broni, nie brak zatem prac na ten temat. Rozwój nauki i techniki cyfrowej sprawił, że większość wysiłków skierowano na opracowanie modeli numerycznych broni automatycznej, zwykle skupiając się na wybranej zasadzie działania broni. Przykład takiego modelu matematycznego broni działającej na zasadzie krótkiego odrzutu lufy znajdziemy w [2, 11, 14], broni działającej na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych w [3, 5], natomiast broni działającej na zasadzie odrzutu zamka pół-

Abstract: Paper presents results of research of AKM rifles modified with commercial parts kits. Among others, modifications included gas piston with gas regulator and elastomer buffer on the return mechanism. Research included live firing tests which allowed to evaluate effects of the modifications on the operation and chosen characteristics of the rifles.

Keywords: mechanics, firearm, ballistics, rifle

1. Introduction

Movement of parts and units of an automatic firearm at shooting has been an object of investigations and analyses almost since the beginnings of such weapons and there is a lot of elaborations on it. Progress of science and information technology focused the greatest effort on development of numerical models of automatic weapons, and most of all on a chosen principle of their operation. There are some examples of such mathematical models prepared for weapons operating on the principle of a short recoil [2, 11, 14], or a returning of powder gases [3, 5],

swobodnego w [12, 13]. Opracowane modele matematyczne weryfikuje się zwykle w drodze eksperymentu z wykorzystaniem rzeczywistej broni [1, 3, 11] lub specjalnie w tym celu skonstruowanego stanowiska badawczego imitującego działanie prawdziwej broni [8]. Dobrze opracowane stanowisko pozwala modyfikować badany układ i ocenić wpływ poszczególnych elementów na działanie całej broni [5, 9, 10]. Badania z wykorzystaniem rzeczywistej broni zwykle nie mogą zostać przeprowadzone w tak szerokim zakresie, ponieważ możliwości regulacji lub zmian kluczowych charakterystyk są zwykle bardzo ograniczone. W takim wypadku można poddać analizie zachowanie zespołów ruchomych kilku wybranych typów broni o zbliżonych charakterystykach, jak w pracy [4]. Pozwala to dokonać porównania i oceny dostępnych rozwiązań oraz dokonać walidacji numerycznych modeli automatyki broni, które są wykorzystywane w procesie projektowania broni.

Sytuacja, w której w rzeczywistej, produkowanej seryjnie broni można, bez potrzeby ingerencji w jej konstrukcję, dokonywać regulacji istotnie wpływających na jej działanie występuje bardzo rzadko. Jednym z niewielu przypadków tego typu są karabinki AKM zmodyfikowane w ramach prac prowadzonych w jednej z jednostek Wojsk Specjalnych. Stanowi to unikalną okazję zbadania wpływu zmian w istotnych zespołach na funkcjonowanie rzeczywistej, produkowanej seryjnie broni, a nie tylko wyspecjalizowanego stanowiska laboratoryjnego.

Karabinki AKM od kilkudziesięciu lat cieszą się dużą popularnością zarówno w siłach zbrojnych na całym świecie, jak również wśród strzelców cywilnych. Długie lata eksploatacji tej broni i związane z tym doświadczenia zaowocowały, między innymi szeroką gamą wszelkiego rodzaju akcesoriów, które pozwalają zwiększyć możliwości broni, poprawić jej

or the recoil of a semi-free breech lock [12, 13]. Developed mathematical models are usually verified in experiments by using a real weapon [1, 3, 11], or a specially prepared testing stand imitating the operation of real weapon [8]. A well prepared set-up can modify the investigated system and evaluate the influence of particular components into the operation of the whole weapon [5, 9, 10]. The real weapon cannot be usually used for wide scope of investigations as possibilities for adjustments, or changes of key characteristics, are usually strictly limited. In such case, the operation of moving units for a few selected types of weapons with similar characteristics can be analysed, as in work [4]. It allows for comparison and evaluation of accessible solutions, and for validation of numerical models of weapon automatics which are used in the weapon designing process.

There are rare situations when in a real serially manufactured weapon any adjustments, which strongly affect its operation, can be made without a need to interfere into its design. Rifles AKM modified in the frame of a project conducted in a unit of Special Troops is one of such cases. It is a unique chance to investigate the influence of changes made in essential mechanical units on the operation of real, serially manufactured weapon, and not only of a specialised laboratory set-up.

AKM rifles have been commonly used worldwide for a few decades not only by the armed forces but the civilian users, as well. Many years of using for this weapon and the accumulated experience brought about into existence a wide spectrum of accessories which can increase the weapon's capacities, and improve its characteristics or adapt to demands and preferences

charakterystyki lub dostosować do potrzeb i preferencji użytkownika. W roku 2019 z inicjatywy żołnierzy jednej z jednostek Wojsk Specjalnych przeprowadzono modyfikację partii karabinków AKM, której celem było poprawienie charakterystyk użytkowych i lepsze jej dostosowanie do wymagań współczesnego pola walki. Zmodyfikowana broń otrzymała nazwę AKM WS, a w ramach modyfikacji wykorzystano szereg dostępnych na rynku elementów i zestawów konwersyjnych. Większość z nich obejmowała elementy peryferyjne, odpowiedzialne za ergonomię broni oraz jej zdolność do integracji z dodatkowym wyposażeniem, takie jak łożo, kolba, chwyt pistoletowy, rura gazowa z szyną montażową itp. Pakiet modernizacyjny obejmuje również dwa elementy wpływające bezpośrednio na działanie broni: zderzak na urządzeniu powrotnym oraz tłok gazowy z regulatorem gazowym. W pracy przedstawiono wyniki badań zmodyfikowanej broni w porównaniu ze standardowym karabinkiem AKM.

2. Obiekt i cel badań

Obiektem badań były karabinki AKM z zasobów Pracowni Uzbrojenia Klasycznego Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej oraz karabinki AKM WS dostarczone przez Wojska Specjalne. Celem badań było porównanie zmodyfikowanych karabinków AKM WS ze standardowymi karabinkami AKM oraz ocena zastosowanych rozwiązań.

Karabinek AKM (fot. 1) jest bronią samoczynno-samo-powtarzalną, działającą na zasadzie odprowadzenia części gazów prochowych przez boczny otwór w lufie, z długim skokiem tłoka gazowego. Broń zasilana jest z łukowych magazynków o pojemności 30 nabojów.

of users. In 2019, in one of the units of Special Troops, a modification project was launched for a lot of AKM rifles aimed to improve their using characteristics and to adapt them in a better way to the contemporary battlefield. The modified weapon was named by AKM WS, and the modification was carried out with the use of many components and conversion kits available in the market. Most of them included peripheral components responsible for weapon ergonomics and its capabilities for integration with additional accessories such as barrel carrier, butt, pistol grip, gas tube with integrating rail, etc. The upgrading packet also includes two components directly influencing the operation of weapon: buffer on the return device and gas piston with gas regulator. The paper presents results of tests of modified guns compared to standard AKM rifle.

2. Object and Purpose of Tests

AKM rifles taken from the store of the Laboratory of Classical Weapon Systems in the Institute of Armament Technology at the Faculty of Mechatronics, Armament and Aviation of the Military University of Technology and AKM WS rifles provided by the Special Troops were used as testing objects. The purpose of investigations was to compare the modified rifles AKM WS with standard rifles AKM and to evaluate the applied solutions.

Rifle AKM (Photo 1) is a self-acting – self-repeating gun operating on the principle of returning a part of powder gases via a lateral opening in the barrel, and a long jump of gas piston. The weapon is fed with arched magazines of 30 rounds capacity.



Fot. 1. 7,62 mm karabinek AKM [1]

Photo 1. 7.62 mm rifle AKM [1]

Zmodyfikowane karabinki AKM WS (fot. 2) wyposażono w szereg elementów i zespołów poprawiających ich ergonomię i zdolności do mocowania dodatkowych akcesoriów. W karabinkach AKM WS zastosowano nowe łożę, chwyt pistoletowy, kolbę, dźwignię bezpiecznika, urządzenie wylotowe, rurę gazową oraz powiększony zatrzask magazynka. Ponadto, karabinek otrzymał zmodyfikowany mechanizm spustowy, pozbawiony opóźniacza oraz lejek na gnieździe ułatwiający wprowadzenie magazynka do gniazda.

Modified rifles AKM WS (Photo 2) were equipped with many components and units improving their ergonomics and capabilities for fixing additional accessories. In rifles AKM WS was applied a new barrel holder, pistol grip, safety lever, muzzle device, gas pipe, and a larger release catch of magazine. Moreover, the rifle received a modified trigger mechanism without a delayer, and a funnel-shaped input of the nest facilitating acceptance of the magazine.



Fot. 2. 7,62 mm karabinek AKM WS [1]

Photo 2. 7.62 mm rifle AKM [1]

Najważniejszymi z punktu widzenia działania broni modyfikacjami były te dotyczące zespołu ruchomego i urządzenia powrotnego broni. Karabinki AMS WS wyposażono w nałożony na urządzenie powrotne amortyzator zespołu ruchomego (fot. 3). Elastomerowy element łagodzi zderzenie suwa-

Modifications of weapon return device and the moving unit were most important from point of view of its operation. Rifles AMS WS were equipped with a buffer added-on to return device (Photo 3). Elastomeric component softens impacts of the slide into the breech chamber at the

dła z komorą zamkową pod koniec jego ruchu do tyłu. Jednocześnie skraca się droga zespołu ruchomego, co może mieć przełożenie na szybkostrzelność teoretyczną broni.

end of its backward displacement. At the same time the way of the moving unit shortens what can affect gun's theoretical rate of fire.



Fot. 3. Urządzenie powrotne z elastomerowym zderzakiem [1]

Photo 3. Return device with elastomeric buffer [1]

Na rękojeść suwadła nałożono nakładkę (fot. 4), która zwiększa wymiary, a zwłaszcza grubość rękojeści. Podnosi to komfort operowania suwadłem i ułatwia przeładunek broni. Rękojeść ma również mniej agresywny kształt i mniejsze jest ryzyko zahaczenia o elementy wyposażenia.

An adapter was added on the hold of the slide (Photo 4) which increases its size, and especially the thickness of the hold. It improves the comfort of slide control and facilitates the reloading of weapon. Moreover, the hold has a less aggressive shape diminishing a risk of a hooking against the pieces of equipment.



Fot. 4. Suwadła karabinków AKM (na górze) i AKM WS (na dole) [1]

Photo 4. Slides for rifles AKM (on the top) and AKM WS (on the bottom) [1]

Zespół ruchomy karabinka AKM WS otrzymał również nowe tłoczysko z regulowanym tłokiem firmy KNS Precision (fot. 5). Regulacja umożliwia dostosowanie broni do funkcjonowania z tłumikiem dźwięku, pozwala również zmniejszyć siły działające na suwadło w czasie strzelania, co poprawia komfort strze-

The moving unit of AKM WS rifle received also a new piston rod with an regulated piston of KNS Precision company (Photo 5). The regulator is used to adapt the weapon to be used with a noise silencer, and to reduce the forces acting against the slide at firing, what improves the comfort of

lania i ułatwia kontrolę nad bronią.

fire and facilitates the control of gun.



Fot. 5. Tłok KNS Precision, po lewej czoło tłoka, po prawej widok od dołu:

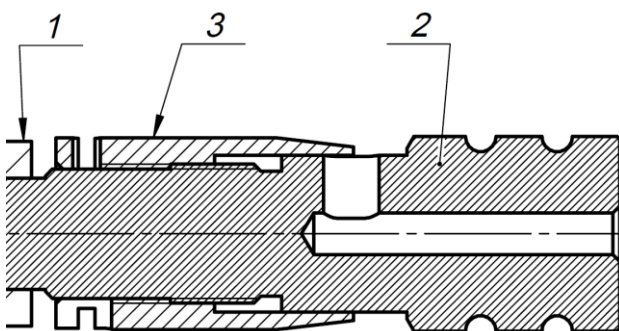
1 – nakrętka regulacyjna (ustawiona na wysokości drugiego rowka),
2 – otwór upustowy (częściowo odsłonięty) [1]

**Photo 5. Piston KNS Precision, on the left - the head of piston,
on the right - a view from the bottom:**

1 – regulating nut (set on the level of the second notch),
2 – outflow hole (partially uncovered) [1]

W tłoku jest poosiowy otwór w czole i łączący się z nim pod kątem prostym podłużny otwór upustowy wykonany w ścianie bocznej (rys. 1). Otwór upustowy może być częściowo lub całkowicie zasłonięty nakrętką regulacyjną. Nakrętkę przed samoczynnym odkręceniem zabezpiecza zatrask. Ustawienie nakrętki w żądanym położeniu ułatwiają rowki wskazujące, jak duża część otworu regulacyjnego jest odsłonięta.

The piston contains an axial hole made in the head passing into a perpendicular longitudinal exhaust hole made in the lateral wall (Fig. 1). The exhaust hole may be partially or entirely closed by the regulating nut. The nut is protected against self-loosening by a catch. Setting the nut in required position is facilitated by notches indicating the percentage of regulating hole which is uncovered.



Rys. 1. Budowa tłoka gazowego z regulatorem: 1 – tłoczyisko, 2 – tłok gazowy, 3 – nakrętka regulacyjna

Fig. 1. Structure of gas piston with regulating device: 1 – piston rod, 2 – gas piston, 3 – regulating nut

3. Badanie działania regulowanego tłoka gazowego

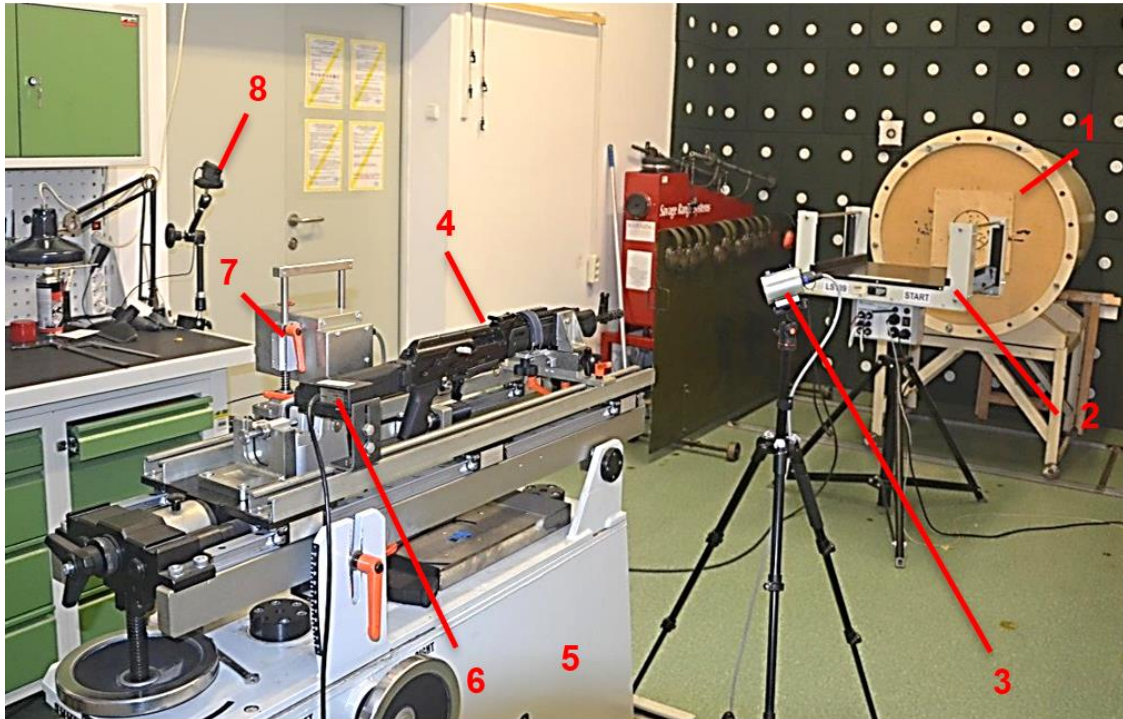
Celem badań było określenie wpływu tłoka gazowego z regulatorem na działanie broni. Badanie polegało na oddaniu dziesięć-

3. Investigation of Gas Piston Operation

The investigations were aimed to identify the influence of gas piston equipped with regulator on operation of gun. Testing

ciu strzałów ogniem pojedynczym z broni zamocowanej na stanowisku pomiarowym (fot 6). Mierzonym parametrem było przemieszczenie suwadła w funkcji czasu.

was carried out by firing ten single shots with the gun fixed to a measurement set-up (Photo 6). Displacement of slide in function of time was measured.



Fot. 6. Karabinek AKM WS zamocowany na stanowisku pomiarowym: 1 – kulochwyt, 2 – bramka Prototypa LS01L do pomiaru prędkości pocisków V2, 3 – czujnik do pomiaru szybkostrzelności broni Prototypa Rofam, 4 – 7,62 mm karabinek AKM WS, 5 – podstawa Prototypa STZA-13, 6 – laserowy przetwornik przemieszczenia LD-1620-200, 7 – urządzenie odpalające Refico, 8 – kamera Sony [1]

Photo 6. Rifle AKM WS fixed on the measurement set-up: 1 – bullet catcher, 2 – gate Prototypa LS01L for measuring the velocities of projectiles V2, 3 – sensor Prototypa Rofam for measuring gun's rate of fire, 4 – 7.62 mm rifle AKM WS, 5 – mounting rack STZA-13, 6 – laser converter of displacement LD-1620-200, 7 – triggering device Refico, 8 – Sony camera [1]

Z karabinka AKM oddano serię dziesięciu strzałów (ogniem pojedynczym), natomiast z karabinka AKM WS oddano pięć serii po dziesięć strzałów. Po jednej w każdym położeniu regulatora na tłoku gazowym. Początkowym położeniem było położenie 0, w którym otwór upustowy był całkowicie zamknięty, a kolejne serie oddawano z regulatorem ustawionym na kolejnych rowkach oznaczających jego położenie względem otworu upustowego. (I, II, III i IIII). Ustawienia tłoka gazowego, w położe-

A series of single shots was fired with AKM rifle and five continuous series, each including ten shots, were fired with AKM WS rifle. Each series was fired for each position of the gas piston regulator. The initial position was 0 for which the exhaust opening was completely closed, and successive series were fired at the regulator set on consecutive notches marking its position against the exhaust opening. (I, II, III and IIII). Settings of the gas piston at which the shooting

niach przy których wykonywano strzelania przedstawiono na fotografii 7.

was carried out are shown in Fig. 7.



Fot. 7. Regulator tłoka gazowego w położeniach wykorzystywanych w badaniach.

Od lewej: całkowicie zamknięty – 0, ustawiony na pierwszym rowku – I, ustawiony na drugim rowku – II, ustawiony na trzecim rowku – III, ustawiony na czwartym rowku – IIII [1]

Photo 7. Regulator of gas piston in positions used in testing.

From the left: completely closed – 0, set on the first notch – I, set on the second notch – II, set on the third notch – III, set on the fourth notch – IIII [1]

Na podstawie otrzymanych wyników opracowano wykresy drogi suwadła L w funkcji czasu t , które przedstawiono na rysunku 2.

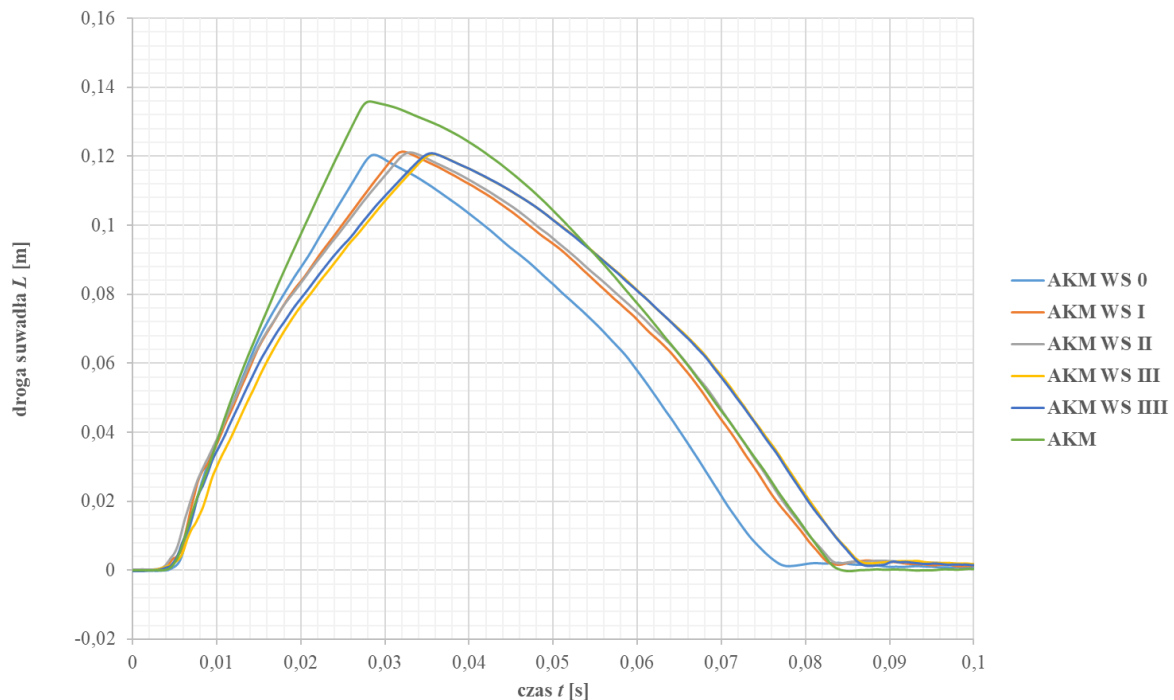
Na wykresach drogi L w funkcji czasu t badanej broni można zauważyć dwa charakterystyczne okresy: okres ruchu suwadła do tyłu (odrzutu), któremu odpowiada część wznosząca wykresu i okres ruchu suwadła do przodu (powrotu), któremu odpowiada część opadająca wykresu. Oba okresy rozdzielone są załamaniem wykresu (wierzchołkiem), który odpowiada chwili zderzenia suwadła z komorą zamkową w końcu ruchu wstecznego i rozpoczęcia powrotu.

Droga zespołu ruchomego karabinka AKM WS jest krótsza o 15 mm niż w przypadku modelu wyjściowego co jest skutkiem zastosowania elastomerowego zderzaka na urządzeniu powrotnym.

Basing on received results the graphs representing the way of slide L versus time t were prepared and are shown in Fig. 2.

Two characteristic cycles can be noted for the graphs of way L in function of time t : a cycle of slide backward movement (recoil) corresponding to elevating part of the diagram, and a forward slide movement (return) corresponding to falling down part of the diagram. Two cycles are separated by a bending on the graph (top), corresponding to a moment when slide hits the breech chamber at the end of backward movement and starts the return.

The way of moving unit of AKM WS rifle is shorter by 15 mm than in the case of the original model what is caused by application of the elastomeric buffer in the return device.



Rys. 2. Droga zespołu ruchomego L badanej broni w funkcji czasu t

Fig. 2. Way of moving unit L versus time for tested weapon

Droga suwadła – Way of the slide

Na wykresach można również zauważyć wpływ regulatora gazowego na działanie automatyki broni. Cykl pracy automatyki karabinka AKM WS był najkrótszy kiedy regulator pozostawał całkowicie zamknięty i wydłużał się wraz z otwieraniem otworu upustowego. Można przy tym zauważyć, że wraz z otwieraniem otworu upustowego wydłuża się czas ruchu wstecznego suwadła (wznosząca część wykresu) co oznacza, że zgodnie z oczekiwaniami zespół otrzymuje coraz mniej energii. Nie zanotowano wpływu regulatora na powrót suwadła. Zrównanie czasu pracy automatyki broni karabinka AKM WS z karabinkiem AKM następuje kiedy regulator zostaje nastawiony na nastawę II. Różnica między nastawami III i IIII była minimalna i można uznać, że w normalnych warunkach zakres regulacji kończy się na nastawie III i dalsze otwieranie otworu upustowego już niczego nie zmienia. Ten zakres regulacji może być natomiast użyteczny w czasie strzelania

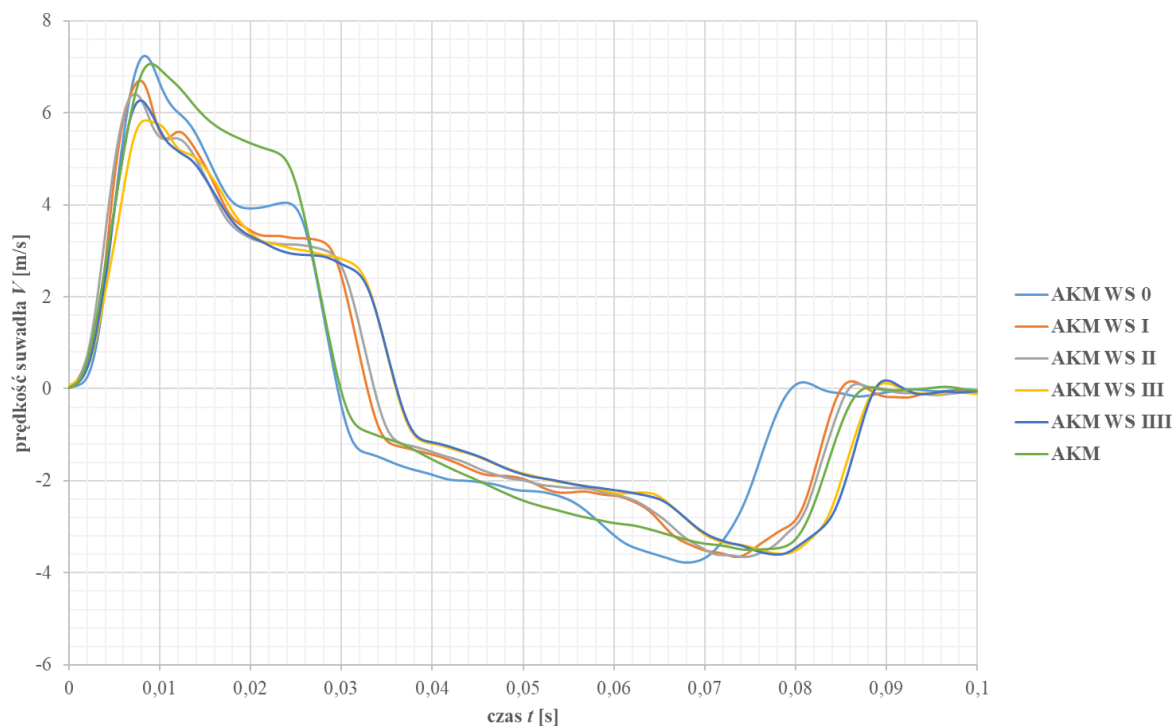
Influence of gas regulator on operation of automatics of the weapon can be also observed in the diagram. AKM WS rifle automatics operation cycle is the shortest when the regulator is entirely closed, and it extends with the opening of the exhaust hole. At the same time it can be noticed that along with the opening of the exhaust hole the time of slide backward move increases (elevating part of graph) what means that according to expectations the unit receives a less amount of energy. Any influence of regulator on slide return was not noticed. When regulator is set in position II the automatics operation times for rifles AKM WS and AKM are identical. The difference between settings III and IIII was minimal and it can be accepted that in normal conditions the range of regulation can be limited on setting III and further opening of the exhaust hole changes nothing. This range of regulation may be useful

z tłumikiem dźwięku.

W wyniku różniczkowania przebiegów drogi suwadła L w funkcji czasu t otrzymano przebiegi prędkości zespołu ruchomego V w funkcji czasu t , które przedstawiono na rysunku 3.

at firing with the silencer.

In effect of differentiation of slide displacements L versus time the graphs of velocity of the moving unit V in function of time t were received and are presented in Fig. 3.



Rys. 3. Prędkość zespołu ruchomego V badanej broni w funkcji czasu t

Fig. 3. Velocity of moving unit V for tested weapon versus time t

Na wykresach prędkości suwadła V w funkcji czasu t badanej broni można wyróżnić pięć charakterystycznych elementów:

- szybkie narastanie prędkości suwadła w początkowym okresie odrzutu, kiedy suwadło jest napędzane gazami prochowymi;
- załamanie wykresu i spadek prędkości suwadła w czasie ruchu wstecznego suwadła, odpowiadające okresowi, w którym ciśnienie w komorze gazowej jest już zbyt małe, aby skutecznie napędzać suwadło, ale zespół ruchomy broni porusza się dalej do tyłu, ściskając sprężynę powrotną;
- gwałtowny spadek prędkości i odwrócenie kierunku ruchu, w chwili zderzenia

Five specific parts can be distinguished in diagrams of slide velocity V in function of time t for tested gun:

- rapid increase of slide velocity at the initial cycle of recoil when it is driven by powder gases;
- a bend of diagram and decrease of slide backward velocity corresponding the part of cycle when the pressure in gas chamber is too low to propel efficiently the slide, but the gun moving unit still moves backward compressing the returning spring;
- rapid decrease of velocity and reversion of direction of displacement in the moment when the slide hits into

- suwadła z komorą zamkową w końcu jego ruchu wstecznego;
- powrót i rozpędzanie suwadła pod wpływem sprężyny powrotnej;
 - zderzenie suwadła z komorą zamkową w końcu powrotu i zatrzymanie zespołu ruchomego.

Największe prędkości suwadła zanotowano dla karabinka AKM i AKM WS z regulatorem ustawionym w położeniu 0, było to odpowiednio 7 m/s i 7,2 m/s. Należy jednak zauważyć, że w przypadku karabinka AKM WS prędkość zespołu ruchomego po osiągnięciu wartości maksymalnej szybko spadła i spadek ten był znacznie szybszy niż w przypadku karabinka AKM. W chwili osiągnięcia tylnego położenia przez zespół ruchomy karabinka AKM WS (regulator w położeniu 0) wyniosła ona zaledwie 4 m/s a w przypadku kbk AKM 5 m/s. Oznacza to, że średnia prędkość zespołu ruchomego karabinka AKM w okresie odrzutu pozostawała większa niż w przypadku karabinka AKM WS, a uderzenie suwadła w komorę zamkową w chwili dojścia zespołu ruchomego w tylne położenie było w przypadku karabinka AKM gwałtowniejsze.

Otwieranie otworu upustowego zmniejszało zarówno prędkość maksymalną suwadła, jak i prędkość suwadła w chwili dojścia w tylne położenie. Jednocześnie wydłużał się cykl pracy automatyki karabinka AKM WS. We wszystkich położeniach regulatora prędkość zderzenia suwadła z komorą zamkową była mniejsza w przypadku karabinka AKM WS (od 2,3 do 4 m/s w zależności od ustawienia regulatora). Należy przy tym zauważyć, że zderzak zastosowany w kbk AKM WS skutecznie oddaje energię i prędkość z jaką suwadło zaczynało powrót była w przypadku AKM WS większa (od 1,1 do 1,3 m/s w zależności od ustawienia regulatora) niż w przypadku AKM (0,8 m/s).

- the breech chamber at the end of its backward movement;
- return and driving out the slide by the return spring;
 - collision of the slide with the breech chamber at the end of return and the arresting of moving unit.

The highest velocities of the slide were noted for rifles AKM and AKM WS at the regulator set in position 0, it was respectively 7.0 m/s and 7.2 m/s. But it has to be stressed that in the case of AKM WS rifle the velocity of moving unit fell down rapidly after reaching its maximal value and the rate of decrease was significantly higher than for AKM rifle. In the moment of reaching a rear position by the moving unit of AKM WS rifle (regulator in position 0) it was merely 4 m/s, and for AKM it was 5 m/s. It means that the average velocity of the moving unit at the moment of recoil was higher for AKM gun than for AKM WS gun, and in the case of AKM gun the impact of slide into the breech chamber was stronger in the moment when the moving unit reaches the rear position.

Process of opening the exhaust hole reduced both the maximal velocity of slide and its velocity in the moment of reaching the rear position. At the same time the cycle of operation for AKM WS rifle automatics was extended. For all positions of the regulator the velocity of slide impact into the breech chamber was lower for AKM WS rifle (from 2.3 to 4.0 m/s depending on regulator setting). And it has to be noted that the buffer applied in AKM WS efficiently returns the energy and the velocity at which the slide starts to return is higher in the case of AKM WS (from 1.1 to 1.3 m/s depending on regulator setting) than for AKM (0.8 m/s).

4. Badanie szybkostrzelności

Badanie polegało na oddaniu dziesięciu strzałów ogniem ciągłym z broni zamocowanej na stanowisku pomiarowym. Mierzonym parametrem był czas od pierwszego do ostatniego strzału. Na tej podstawie wyznaczono szybkostrzelność teoretyczną S_t broni, korzystając z następującej zależności [2]:

$$S_t = \frac{n-1}{t} \cdot 60 \text{ [strz./min.]}$$

gdzie:

S_t – szybkostrzelność teoretyczna,

n – liczba strzałów w serii,

t – czas od pierwszego, do ostatniego strzału w serii w sekundach.

Otrzymany wynik zaokrąglono do pełnych wartości.

Z karabinka AKM oddano jedną serię dziesięciu strzałów, natomiast z karabinka AKM WS oddano pięć serii. Po jednej w każdym położeniu regulatora na tłoku gazowym (0, I, II, III, IIII). Zmierzone czasy od pierwszego, do ostatniego strzału w serii przedstawiono w tabeli 1, natomiast szybkostrzelność teoretyczną badanych karabinków w tabeli 2.

4. Testing the Rate of Fire

The testing was based on firing ten shots of continuous fire with the gun fixed to the measurement set-up. The time between the first and last shot was measured. On this base the theoretical rate of fire S_t was identified for the gun using dependence [2]:

where:

S_t – theoretical rate of fire,

n – number of shots in a series,

t – time in seconds between the first and last shot in a series.

Received result was approximated to round-off numbers.

One series of ten shots was fired with AKM gun, and five series with AKM WS gun. It was one series for each position of gas piston regulator (0, I, II, III, IIII). The times measured between the first and the last shot of a series are presented in table 1, and theoretical rates of fire of tested guns are shown in table 2.

Tabela 1. Czas serii [1] / Table 1. Times of series [1]

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	AKM	AKM WS				
		0	I	II	III	IIII
Czas od pierwszego, do ostatniego strzału w serii t [ms] <i>Time between the first and last shot in a series</i>	814	728	779	809	813	817

Tabela 2. Szybkostrzelność teoretyczna [1] / Table 2. Theoretical rate of fire [1]

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	AKM	AKM WS				
		0	I	II	III	IIII
Szybkostrzelność teoretyczna S_t [strz./min.] <i>Theoretical rate of fire S_t [shots/min.]</i>	664	742	693	668	664	661

Karabinki AKM WS zostały zmodyfikowane w znacznym stopniu. Otrzymały między innymi elastomerowy zderzak na urządzeniu powrotnym, regulowany tłok gazowy i powiększoną rękojeść przeładowania, zwiększając tym masę zespołu ruchomego o 50 g. Z karabinków usunięto również opóźniacz ruchu kurka. Wszystkie te zmiany mają wpływ na szybkostrzelność teoretyczną broni. W celu oceny, która ze zmian miała największe znaczenie, przeprowadzono dodatkową próbę. Próba polegała na zbadaniu szybkostrzelności zgodnie z przedstawioną powyżej metodyką, z tą jednak różnicą, że karabinek AKM wyposażono w urządzenie powrotne ze zderzakiem, a karabinek AKM WS w urządzenie bez zderzaka. Aby zapewnić zbliżone parametry pracy obu karabinków, regulator tłoka gazowego karabinka AKM WS był ustawiony w położeniu 0. Czas serii przedstawiono w tabeli 3, a szybkostrzelność teoretyczną badanych karabinków w tabeli 4.

Szybkostrzelność karabinka AKM z urządzeniem powrotnym kbk AKM WS (ze zderzakiem) wzrosła do 732 strz./min., czyli o niemal 70 strz./min. Wynika to przede wszystkim z tego, że w wyniku zamontowania zderzaka droga zespołu ruchomego jest o 15 mm (ponad 10%) krótsza niż bez niego. Szybkostrzelność karabinka AKM WS z takim samym urządzeniem była o 10 strzałów wyższa niż w przypadku kbk AKM. Różnica może wynikać z tego, że kbk AKM WS nie ma opóźniacza.

Rifles AKM WS were modified in significant degree. They received among others the elastomeric buffer on the return device, regulated gas piston, and a larger reloading hold what increased the mass of the moving unit by 50 g. The cock movement delayer was also removed from the gun. All these changes affect guns theoretical rate of fire. An additional trial was made to assess which change has the greatest impact. The trial was based on testing the rate of fire according to the methodology presented above, but the difference was that AKM gun return device was equipped with the buffer and AKM WS had a device without the buffer. The gas piston regulator of AKM WS gun was set in position 0 to provide similar parameters of operation for two guns. The times of series are shown in table 3, and theoretical rate of fire in table 4.

The rate of fire for AKM gun having the return device of AKM WS gun (with buffer) increased to 732 shots/min., i.e. almost by 70 shots/min. It is mostly caused by shortening the way of moving unit by 15 mm (above 10%) due to integration of the buffer. The rate of fire for AKM WS gun equipped with identical device was higher by 10 shots than for AKM gun. The difference could be effected by the lack of delayer in AKM WS gun.

Tabela 3. Czas serii po zamianie urządzeń powrotnych [1]

Table 3. Times of series after replacement of return devices [1]

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	AKM	AKM WS
Czas od pierwszego, do ostatniego strzału w serii t [ms] <i>Time between the first and last shot in a series</i>	738	867

Tabela 4. Szybkostrzelność teoretyczna po zamianie urządzeń powrotnych [1]

Table 4. Theoretical rate of fire after replacement of return devices [1]

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	AKM	AKM WS
Szybkostrzelność teoretyczna S_i [strz./min.] <i>Theoretical rate of fire S_i [shots/min.]</i>	732	623

Karabinek AKM WS z urządzeniem powrotnym bez zderzaka osiągnął szybkostrzelność równą 623 strz./min., czyli o niemal 120 strz./min. mniej niż ze zderzakiem. Warto zauważyć, że szybkostrzelność kbk AKM WS z urządzeniem powrotnym bez zderzaka jest mniejsza niż szybkostrzelność kbk AKM z takim samym urządzeniem (662 strz./min.). Przyczyny można upatrywać w tym, że otwór wywiercony w czole zmodyfikowanego tłoka zwiększa objętość wstępną komory gazowej, a zespół ruchomy karabinka AKM WS ma przy tym nieco większą masę niż zespół ruchomy karabinka AKM. Oba te fakty składają się na to, że zespół o większej masie był mniej skutecznie napędzany. W tym wypadku nawet brak opóźniacza nie rekompensował zwiększenia objętości komory gazowej oraz masy suwadła i przy normalnej drodze zespołu ruchomego szybkostrzelność teoretyczna spadała w porównaniu z karabinkiem AKM.

Wyniki badań wskazują, że za wzrost szybkostrzelności karabinka AKM WS w pierwszej kolejności odpowiada zastosowanie zderzaka, który skraca drogę zespołu ruchomego broni. Wyjściowym położeniem regulatora na tłoku gazowym powinno być ustawienie nakrętki na drugim rowku. W ten sposób utrzymana zostaje szybkostrzelność zbliżona do wyjściowej szybkostrzelności broni tego typu, a urządzenie znajduje się w połowie zakresu regulacji i w razie potrzeby pozwoli dostosować broń do amunicji różnej jakości lub tłumika dźwięku.

Rifle AKM WS with the return device without the buffer has the rate of fire 623 shots/min., i.e. almost 120 shots/min. less than with the buffer. It is worth to note that the rate of fire for AKM WS gun having the return device without buffer is lower than rate of fire for AKM gun with analogical device (662 shots/min.). It may be caused by the hole bored in the head of modified piston which increases the initial capacity of gas chamber, and by a greater mass of the moving unit of AKM WS gun than the unit of AKM gun. Both these factors contribute to a less efficient driving of the unit with greater mass. In this case even the lack of the delayer was not able to compensate the increased capacity of gas chamber and the mass of slide, and at the normal travel of the moving unit theoretical rate of fire fell down comparing with AKM gun.

Results of tests indicate that application of the buffer shortening the travel of gun's moving unit is responsible in the first order for increase of rate of fire of AKM WS gun. Hence, the piston gas regulator nut has to be set initially on the second notch. In this way the rate of fire is similar to resultant rate of fire for the guns of this type, and the device is in the middle of regulating range, and may be used to adapt the gun to ammunition of different quality or to a silencer.

5. Podsumowanie

Badania działania automatyki broni pozwoliły ocenić wpływ regulowanego tłoka gazowego i zderzaka na urządzeniu powrotnym na funkcjonowanie broni oraz wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zmodyfikowany zespół ruchomy z regulowanym tłokiem gazowym jest mniej skutecznie napędzany przez gazy prochowe ze względu na wykonany w nim otwór upustowy, który nawet całkowicie zasłonięty zwiększa objętość wstępną komory gazowej. W efekcie cofające się suwadło uderza w komorę zamkową z mniejszą prędkością niż w karabinku AKM. Nakrętka regulacyjna otwierająca otwór upustowy w wybranym przez użytkownika zakresie powala tę prędkość jeszcze zmniejszyć i dostosować broń do używanej amunicji lub eksploatacji z tłumikiem dźwięku.
2. Zastosowanie elastomerowego zderzaka na urządzeniu powrotnym broni skróciło drogę zespołu ruchomego, co przełożyło się na wyraźny wzrost szybkostrzelności broni kiedy otwór upustowy w tłoku jest zamknięty. Jednak dzięki regulacji możliwe jest zmniejszenie szybkostrzelności do poziomu typowego dla karabinków AKM. Wartość taką uzyskuje się w połowie zakresu regulacji tłoka. Oznacza to, że taka konfiguracja (regulowany tłok gazowy i zderzak na urządzeniu powrotnym) jest optymalna z punktu widzenia użytkownika, ponieważ pozwala ona dostosować broń do pracy z tłumikiem (poprzez otwarcie otworu upustowego) jak również do słabszej amunicji (poprzez przymknięcie otworu gazowego).
3. Usunięcie opóźniacza nie wpłynęło w istotny sposób na szybkostrzelność broni, ani na inne jej charakterystyki.

5. Summary

Investigations on operation of gun automatics allowed the assessment of influence of regulated gas piston and return device buffer into the functioning of the gun, and for drawing following conclusions:

1. The modified moving unit with the regulated gas piston is less efficiently propelled by powder gases because of the exhaust hole, which even at maximal screening increases the initial capacity of the gas chamber. In effect, the slide moving backward hits into the breech chamber with a lower velocity than in AKM gun. The regulating nut opening the exhaust hole in degree selected by the user can diminish this velocity still more and adapt the gun to used ammunition, or to the fire with a silencer.
2. Application of elastomeric buffer on the return device shortened the way of moving unit, what was translated into a distinct increase of the rate of fire when the exhaust hole is closed. But due to the regulation the rate of fire can be reduced to a typical level for AKM guns. This value is obtained in the middle of the piston regulation range. It means that such configuration (regulated gas piston and buffer on the return device) is an optimal solution for the user as it can adapt the gun to fire with a silencer (by opening the exhaust hole), or with ammunition of worse quality (by a partial shutting the gas hole).
3. Removal of the delayer does not affect essentially the rate of fire of the gun, or its other characteristics.

Literatura / Literature

- [1] Badurowicz P., Kupidura P., Fikus B. (2022). Numerical and Experimental Investigation of a Short Recoil Operated Weapon and Impact of Construction Characteristics on its Operation Cycle. *Defence Science Journal*, Vol. 72, No 3, pp. 326-333. DOI:10.14429/dsj.72.17040.
- [2] Badurowicz P., Kupidura P., Fikus B., Stępnia W. (2021). Development of the Preliminary Numerical Model of the Short Recoil Operated Weapon Using the Multibody Systems. *Problems of Mechatronics Armament Aviation Safety Engineering* Vol. 12, No 1 (43), pp. 27-40. DOI:10.5604/01.3001.0014.7849.
- [3] Damaziak K., Małachowski J., Płatek P., Woźniak R. (2012). Badania numeryczne dynamicznej odpowiedzi układu automatyki karabinka standardowego. *Biuletyn WAT* Vol. LXI, Nr 3, str. 181-194.
- [4] Fikus B., Koperski W., Płatek P., Surma Z., Trębiński R. (2016). Numerical and Experimental Investigation of a Short Recoil Operated Weapon and Impact of Construction Characteristics on its Operation Cycle. *Problems of Mechatronics Armament Aviation Safety Engineering*, Vol. 7, No 4 (26), pp. 23-32. DOI:10.5604/01.3001.0009.5018.
- [5] Gacek J., Leśnik G. (2015). Badania wpływu wybranych parametrów konstrukcyjnych na charakterystyki balistyczne i kinematyczne automatycznej broni strzeleckiej z odprowadzeniem gazów Część I – Przykładowe wyniki badań teoretycznych. *Problems of Mechatronics Armament Aviation Safety Engineering*, Vol. 6, No 4, pp. 41-54. DOI:10.5604/20815891.1185945
- [6] Głowicki H. (1987). *Zasady konstrukcji automatycznej broni strzeleckiej*. Warszawa: Wydział Wydawniczy WAT.
- [7] Goździk D., Iwanicka E., Kijewski J., Kupidura P., Szmit Ł., Szupieńko D. (2023). Sprawozdanie z wykonania zadania pt. „Badania porównawcze 7,62 mm karabinków AKM i AKM WS”. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [8] Jeczmyk A., Pac M., Torecki S., Woźniak R. (2010). Stanowisko laboratoryjne do doświadczalnego badania działania mechanizmów karabinka działającego na zasadzie odprowadzenia gazów. *Problemy Techniki Uzbrojenia, Zeszyt 113/2010*, str. 71-78.
- [9] Kijewski J., Leśnik G. (2018). Results of Studies on Dependence Between the Functioning of Gas Operated Gun Mechanisms And Diameter of Adjusting Hole. *Problemy Techniki Uzbrojenia, Zeszyt 145/2018*, str. 105-116. DOI:10.5604/01.3001.0012.1328.
- [10] Kijewski J., Leśnik G., Pac M. (2014). Badania teoretyczne i doświadczalne wpływu sztywności sprężyn powrotnych na prędkość suwadła broni z odprowadzeniem gazów. *Problems of Mechatronics Armament Aviation Safety Engineering* Vol. 5, No 3, pp. 107-118. DOI:10.5604/20815891.1133099.
- [11] Macko M., Vo B. V., Mai Q. A. (2021). Dynamics of Short Recoil-Operated Weapon, *Problems Of Mechatronics Armament, Aviation, Safety Engineering*, Vol. 12, nr 3 (45), str. 9-26, DOI: 10.5604/01.3001.0015.2432.
- [12] Morawski M., Fikus B., Woźniak R., Trębiński R. (2022). Application of Design of Experimental Methods in Theoretical Analysis of the Gas-Delayed Blowback Operation Firearm Action, “Applied Sciences”, No 12(23), DOI: 10.3390/app122312216.
- [13] Radomski M., Radomska A., Rozwiązanie problemu głównego balistyki wewnętrznej pistoletu policyjnego HK 9 mm PARA, „Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji”, Zeszyt 34, str. 37-53, 1984.
- [14] Szupieńko D., Woźniak R., (2021). Preliminary Physical and Mathematical Model of the Recoil Operated Firearm within the Bolt Recoil Period, “Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering”, Vol. 12, nr 1 (43), str. 59-74, DOI: 10.5604/01.3001.0014.7851.

